

Физика
Формули и теореми

Exonaut

23 май 2021 г.

Съдържание	1
------------	---

Съдържание

1	Лекция 1: Кинематика	3
1.1	Теория	3
1.2	Формули	4
2	Лекция 2: Динамика на материална точка	6
2.1	Теория	6
2.2	Формули	7
2.3	Константи	9
3	Лекция 3: Механика на идеално твърдо тяло	10
3.1	Теория	10
3.2	Формули	11
4	Лекция 4: Термодинамика	14
4.1	Теория	14
4.2	Формули	16
4.3	Константи	18
5	Лекция 5: Молекулна физика	19
5.1	Формули	19
5.2	Константи	20
6	Лекция 6: Електростатика	21
6.1	Теория	21
6.2	Формули	22
6.3	Константи	24
7	Лекция 7: Електричен ток	25
7.1	Теория	25
7.2	Формули	26
8	Лекция 8: Магнетизъм	28
8.1	Теория	28
8.2	Формули	29

Съдържание	2
------------	---

9 Лекция 9: Вълни	30
9.1 Теория	30
9.2 Формули	31

1 Лекция 1: Кинематика

1.1 Теория

- **Материална точка (МТ)** - Точка с пренебрежителни размери и форма
- **Отправно тяло (ОТ)** - Тяло, спрямо което отчитаме движението
- **Отправна система (ОС)** - ОТ, координатна система и часовник
- **Радиус вектор** - Вектор от началото на ОС до точка. Бележи се с $\vec{r}(t)$
- **Траектория** - Линия, описвана от МТ при движението ѝ
- **Път** - Дължината на траекторията до края
- **Преместване** - Вектор от началото до края
- **Праволинейно движение** - Движение по едно направление

Понятие	Означение	Мерни единици
Средна скорост	$V(t)$	Основна - $\frac{m}{s}$, Ползва се и $\frac{km}{h}$
Моментна скорост	$V(t)$	Основна - $\frac{m}{s}$, Ползва се и $\frac{km}{h}$
Средно ускорение	$a(t)$	$\frac{m}{s^2}$
Моментно ускорение	$a(t)$	$\frac{m}{s^2}$

1.2 Формули

- Радиус вектор (x,y,z - координати в тримерното пространство)

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

- Средна скорост

$$\vec{V}_{\text{cp}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

- Моментна скорост

$$V = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

- Средно ускорение

$$\vec{a}_{\text{cp}} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$$

- Моментно ускорение

$$a = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$$

- Закон за скоростта (V_0 - начална скорост)

$$V = V_0 + at$$

- Закон за движение (x_0 - начален път, V_0 - начална скорост)

$$x = x_0 + V_0 t \pm \frac{at^2}{2}$$

- Скорост при неправолинейно движение

$$V_x = \frac{dx}{dt} \quad V_y = \frac{dy}{dt} \quad V_z = \frac{dz}{dt} \quad V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$$

- Ускорение при неправолинейно движение

$$a_x = \frac{dV_x}{dt} \quad a_y = \frac{dV_y}{dt} \quad a_z = \frac{dV_z}{dt} \quad a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

- Скорост спрямо ъгъл (V_0 - начална скорост, α - ъгъл)

$$V_x = V_0 \cos \alpha \quad V_y = V_0 \sin \alpha$$

- Закон за движение при падане

$$y = y_0 + V_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

- Други формули

$$x = x_0 + Vt \quad V = V_0 \pm at \quad \tan \alpha = \frac{V_y}{V_x}$$

- Превръщане от $\frac{m}{s}$ в $\frac{km}{h}$

$$1 \frac{m}{s} = 3.6 \frac{km}{h}$$

2 Лекция 2: Динамика на материална точка

2.1 Теория

- **I-ви принцип на Нютон:** Всяко тяло запазва състоянието си на покой или на праволинейно равномерно движение, докато външно въздействие не го изведе от това състояние.
- **III-ви принцип на Нютон:** Силите на взаимодействие между две тела са равни по големина и противоположни по посока.
- **Закон на Нютон за гравитацията:** Между всеки две материални точки действа сила на привличане, която е правопрпорционална на произведението на масите им и обратно пропорционална на квадрата на разстоянието между тях.
- **Консервативни сили** - сили, чиято работа не зависи от вида на траекторията, а се определя само от началното и крайното положение. Пример: гравитационната сила, силата на тежестта, еластичните сили, електростатичните сили
- **Закона за запазване на енергията:** В една затворена механична система, в която действат само консервативни сили, пълната механична енергия е константа.

Понятие	Означение	Мерни единици
Маса	m	kg
Сила	\vec{F}	N (Нютон)
Импулс	\vec{p}	$\frac{kg \cdot m}{s}$
Сила на тежестта	G	N
Реакция на опората	N	N
Сила на триене	f	N
Работа	A	J (Джаул)
Мощност	P	W (Ват)
Кинетична енергия	E_k	J
Потенциална енергия	E_p	J

2.2 Формули

- Импулс

$$\vec{p} = m\vec{V}$$

- II-ри закон на Нютон

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad F = ma$$

- Гравитационна сила

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- Сила на тежестта (М - маса на земята, R - разстояние до центъра на земята)

$$G = \gamma \frac{mM}{R^2} \quad G = mg$$

- Реакция на опората

$$N = mg$$

- Сила на триене

$$f = kN \quad k(\text{коефициент на триене})$$

- Закон за запазване на импулса (ЗЗИ)

$$\vec{p} = \text{const}$$

- Работа (α - ъгъл между силата и преместването, F_x, F_y, F_z - компоненти на силата, dx, dy, dz - компоненти на преместването. Δr - преместване от един радиус вектор в друг радиус вектор)

$$dA = \vec{F} d\vec{r} = F dr \cos \alpha \quad dA = F_x dx + F_y dy + F_z dz \quad A = F \Delta r \cos \alpha$$

- Мощност

$$P = \frac{dA}{dt}$$

- Кинетична енергия

$$E_k = \frac{mV^2}{2}$$

- Потенциална енергия (h - височина над земята)

$$E_p = mgh$$

- Пълна механична енергия на система

$$E = E_k + E_p$$

- Закон за запазване на енергията (ЗЗЕ)

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

2.3 Константы

Означение	Наименование	Стойност
γ	гравитационна константа	$6.67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$
g	земно ускорение	$\approx 9.8 \frac{m}{s^2}$

3 Лекция 3: Механика на идеално твърдо тяло

3.1 Теория

Понятие	Означение	Мерни единици
Ъгъл на завъртане	φ	
Средна ъглова скорост	$\omega_{\text{cp}}(t)$	$\frac{\text{rad}}{s}$
Моментна ъглова скорост	$\omega(t)$	$\frac{\text{rad}}{s}$
Средно ъглово ускорение	$\alpha_{\text{cp}}(t)$	$\frac{\text{rad}}{s^2}$
Моментно ъглово ускорение	$\alpha(t)$	$\frac{\text{rad}}{s^2}$
Период	T	s
Честота	ν	$\text{Hz} = \frac{1}{s}$ (Херц)
Момент на силата	\vec{M}	Nm
Момент на импулса	\vec{L}	$\frac{kg \cdot m^2}{s}$
Инерчен момент	I	$kg \cdot m^2$

3.2 Формули

- Средна ъглова скорост

$$\vec{\omega}_{\text{cp}} = \frac{\Delta \vec{\varphi}}{\Delta t}$$

- Моментна ъглова скорост

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$$

- Средно ъглово ускорение

$$\vec{\alpha}_{\text{cp}} = \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t}$$

- Моментно ъглово ускорение

$$\vec{\alpha} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2 \vec{\varphi}}{d^2 t}$$

- Период, честота и връзка между тях

$$\nu \quad T = \frac{1}{\nu} \quad T\nu = 1$$

- Скорост изразена чрез честота и период

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

- Закон за ъглова скорост (ω_0 - начална ъглова скорост)

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

- Закон за ъглово движение (φ_0 - начален път, ω_0 - начална ъглова скорост)

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}$$

- Изминат път изразен чрез ъгъл на завъртане

$$S = R\Delta\varphi$$

- Скорост изразена чрез ъглова скорост

$$V = R\omega$$

- Тангенциално ускорение изразено чрез ъглово ускорение

$$a_t = R\alpha$$

- Нормално ускорение изразено чрез ъглова скорост

$$a_n = \frac{V^2}{R} = \omega^2 R$$

- Момент на силата

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

- Момент на импулса

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m\vec{V} \quad L = \sum_{i=1}^m \vec{L}_i = \sum_{i=1}^m (\vec{r}_i \times \vec{p}_i) \text{ (за система от } n \text{ точки)}$$

- Основно уравнение на динамиката на въртеливи движение

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

- Закон за запазване на момент на импулса

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = 0 \quad \vec{L} = \text{const}$$

- Инерчен момент

$$I = mr^2, I = \sum_{i=1}^m m_i r_i^2$$

- Момент на импулса (2)

$$L = I\omega$$

- Основно уравнение (2)

$$M = I\alpha$$

- Кинетична енергия

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2}$$

- Работа

$$dA = Md\varphi$$

4 Лекция 4: Термодинамика

4.1 Теория

- **Термодинамична система** - наричаме тяло или система от тела, съставени от голям брой частици. Телата взаимодействат и обменят енергия както помежду си, така и с външната среда.
- **Термодинамично равновесие** - ако параметрите не променят стойностите си и в системата няма потоци.
- **Идеален газ** - газ на който собственият обем на молекулите се пренебрегва и между молекулите няма сили на взаимодействие.
- Видове процеси
 - Изотермен - температурата е постоянна.
 - Изобарен – налягането е постоянно.
 - Изохорен - обемът е постоянен.
 - Адиабатен - няма топлообмен с околната среда.
- **I-ви принцип на термодинамиката** - Ако на една термодинамична система предадем определено количество топлина Q , то се изразходва за изменение на вътрешната енергия ΔU и за извършване на работа A .
- Видове процеси
 - **Равновесен процес** - процес, при който термодинамичната система преминава през последователност от равновесни състояния. Само безкрайно бавни процеси могат да се разглеждат като равновесни.
 - **Обратим процес** - протича в права и обратна посока през едни и същи междинни положения.
 - **Кръгов процес (цикъл)** - процес, при който термодинамичната система се връща в началното си положение.
- **Цикъл на Карно** - цикъл с 2 изотермни и 2 адиабатни процеса
- **II-ри принцип на термодинамиката**

- Формулировка на Клаузиус (1850г.): **Не е възможен термодинамичен процес, единственият краен резултат от който да е предаване на количество топлина от термодинамична система с по-ниска температура на термодинамична система с по-висока температура.**
- Формулировка на Келвин (1851г.): **Не е възможен кръгов процес, единственият краен резултат от който е извършване на работа за сметка на охлаждане на една термодинамична система.**

Понятие	Означение	Мерни единици
Обем	V	m^3
Налягаме	p	Pa (Паскал) = $\frac{N}{m^2}$
Температура	t, T	t - C (Целзий), T - K (Келвин)
Маса на газа	m	kg
Моларна маса	M	$\frac{g}{mol}, \frac{kg}{mol}$
Брой молове	ν	mol
Количество топлина	Q	J
Вътрешна енергия	U	J
Топлинен капацитет	C	$\frac{J}{kg \cdot K}$
Моларен топлинен капацитет	C_m	$\frac{J}{kg \cdot K}$
Топлинен капацитет при пост. обем	C_V	$\frac{J}{kg \cdot K}$
Топлинен капацитет при пост. налягане	C_p	$\frac{J}{kg \cdot K}$
Коефициент полезно действие (КПД)	η	%

4.2 Формули

- Налягане(S - площ)

$$p = \frac{F}{S}$$

- Връзка между температура в Целзий и Келвин

$$T = t + 273$$

- Закон на Бойл-Мариот($T = const, N = const$, N - брой частици)

$$pV = const \quad p_1V_1 = p_2V_2 \text{ (за две състояния)}$$

- Закон на Шарл ($V = const, N = const$)

$$\frac{p}{T} = const \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ (за две състояния)}$$

- Закон на Гей-Люсак($p = const, N = const$)

$$\frac{V}{T} = const \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ (за две състояния)}$$

- Закон на Далтон (Смес от няколко газа, p_1, p_2, \dots - налягания на газовете в сместа (парциално налягане))

$$p = p_1 + p_2 + \dots p_n$$

- Уравнение за състоянието на идеален газ (Закон на Клапейрон - Менделеев)

$$pV = \nu RT$$

- I-ви принцип на термодинамиката

$$Q = \Delta U + A \quad \delta Q = dU + \delta A \Leftrightarrow \delta Q = dU + pdV \text{ (за безкрайно малки измерения)}$$

- Топлинен капацитет

$$C = \frac{Q}{m\Delta T}$$

- Моларен топлинен капацитет

$$C_m = \frac{Q}{\nu \Delta T} \quad C_m = \frac{\delta Q}{dT} \quad C_m = \frac{dU + pdV}{dT}$$

- Топлинен капацитет при постоянен обем

$$dV = 0 \implies C_V = \frac{dU}{dT}$$

- Топлинен капацитет при постоянно налягане

$$dp = 0 \implies C_p = \frac{dU + pdV}{dT} = \frac{dU}{dT} + p \frac{dV}{dT} = C_V + p \frac{dV}{dT} \left(p \frac{dV}{dT} = R(\text{ур-е на състоянието}) \right)$$

- Изопроцеси и работа при тях

Процес	Изобарен	Изохорен	Изотермен	Адиабатен
Осн. зависимости	$V = V_0 \alpha T$	$p = p_0 \alpha T$	$pV = \text{const}$	$pV^\gamma = \text{const}$
I-ви принцип на ТД	$\delta Q = dU + \delta A$	$\delta Q = dU$	$\delta Q = \delta A$	$dU = -\delta A$
Работа	$A = p(V_2 - V_1)$	$A = 0$	$A = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1}$	$A = \nu C_V (T_1 - T_2)$

•

- Уравнение на Майер

$$C_p = C_V + R$$

- Коефициент полезно действие (КПД)

$$\eta = \frac{A}{Q}$$

- КПД на цикъл на Карно

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

4.3 Константи

Означение	Наименование	Стойност
α	коэффициент на температурата	$\frac{1}{273} K^{-1}$
N_A	Число на Авогадро	$6.022 \cdot 10^{-23} mol^{-1}$
R	Универсална газова константа	$8.314 \frac{J}{mol \cdot K}$

5 Лекция 5: Молекулна физика

5.1 Формули

- Основно уравнение на молекулно-кинетичната теория (N - брой молекули, $\overline{v_i}$ - средна скорост на една молекула)

$$pV = \frac{1}{3} N m \overline{v_i^2}$$

- Средна кинетична енергия на молекулите

$$\overline{E_k} = \frac{m \overline{v_i^2}}{2}$$

- Основно уравнение на молекулно-кинетичната теория(2)

$$pV = \frac{2}{3} N \overline{E_k}$$

- Основно уравнение на молекулно-кинетичната теория при $N = N_A$

$$pV = \frac{3}{2} k \overline{E_k}$$

- Вътрешна енергия на идеален газ

$$U = \sum_{i=1}^N E_{ki} = N \overline{E_k}$$

- Представяне на налягане чрез температура (n - концентрация, N - брой молекули)

$$p = nkT, \quad n = \frac{N}{V}$$

- Функция на разпределение на Максвел

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot v^2 \cdot \exp \left(-\frac{mv^2}{2kT} \right)$$

- Разпределение на Болцман (n_0 - концентрация при $E_p = 0$)

$$n = n_0 \cdot \exp \left(-\frac{E_p}{kT} \right)$$

5.2 Константы

Означение	Наименование	Стойност
k	Константа на Болцман	$k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

6 Лекция 6: Електростатика

6.1 Теория

- **Интензитетът** е силова характеристика на полето.
- **Принцип на суперпозицията**: всеки заряд създава електрично поле независимо от наличието на други заряди.
- **Еднородно (хомогенно) поле**: интензитетът е един и същ за всяка точка от полето.
- **Силовии линии**: показват посоката на интензитета; излизат от $+$ и влизат в $-$; по-силно поле се изобразява като силовите линии се чертаят по нагъсто
- **Закон на Гаус**: Потокът на интензитета през затворена повърност е равн на затворения в повърхността заряд разделен на ϵ_0
- **Проводници**: провеждат ток, имат свободни електрони.
- **Кондензатор**: система от два проводника, разделени от диелектрик, заредени с равни по големина и различни по знак заряди и с такава форма и разположение при която ел. поле е между проводниците.
- **Диелектрици (Изолатори)**: нямат свободни заряди.

Понятие	Означение	Мерни единици
Заряд	q, Q, q_t (пробен заряд)	C (Кулон)
Относителна диел. проникваемост	ϵ_r	
Интензитет	\vec{E}	$\frac{N}{C}$
Поток на интензитета	Φ_E	??
Потенциална енергия	$W(r)$	J
Потенциал	φ	V (Волт)
Напрежение (Потенциална разлика)	U	V
Капацитет на кондензатор	C	F (Фарад)

6.2 Формули

- Закон на Кулон във вакуум

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \text{По някога: } F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}, \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

- Закон на Кулон във среда

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r r^2} \quad \text{По някога: } F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}, \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r}$$

- Интензитет на поле

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_t} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

- Поток на интензитета

$$d\Phi_E = E \cdot dS \cdot \cos \alpha \quad \Phi_E = \int E \cdot dS \cdot \cos \alpha$$

- Закон на Гаус

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0} \quad \Phi_E = \frac{\sum q}{\epsilon_0} \text{ (повече от един заряд)}$$

- Потенциална енергия

$$W(r) = \frac{qq_t}{4\pi\epsilon_0 r}$$

- Работа на електростатично поле

$$A = - \left(\frac{qq_t}{4\pi\epsilon_0 r_1} - \frac{qq_t}{4\pi\epsilon_0 r_2} \right) \quad A = -(W_2 - W_1)$$

- Потенциал

$$\varphi = \frac{W}{q_t} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

- Напрежение

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 \quad U = \frac{A}{q_t}$$

- Интензитет на поле

$$E_x = -\frac{d\varphi}{dx}$$

- Капацитет на кондензатор (обща формула)

$$C = \frac{q}{U}$$

- Капацитет на въздушен кондензатор (d - разстояние между плочи, S - площ на плоча)

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

- Капацитет на плосък кондензатор (d - разстояние между плочи, S - площ на плоча)

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}$$

6.3 Константи

Означение	Наименование	Стойност
e	Заряд на електрона	$e = 1.6 \cdot 10^{-19} C$
ε_0	Електрична константа	$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$
k		$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 Nm^2$

7 Лекция 7: Електричен ток

7.1 Теория

- **Електродвижещо напрежение(ЕДН)**: работата на страничните сили за пренасяне на заряд срещу силите на електричното поле разделена на големината на пренесения заряд.

Понятие	Означение	Мерни единици
Електричен ток	I	(Ампер)
Плътност на тока	j	$\frac{A}{m^2}$
Електродвижещо напрежение(ЕДН)	ε	V (волт)
Съпротивление	R	Ω (Ом)
Специфично съпротивление	ρ	$\Omega \cdot m$

7.2 Формули

- Електричен ток

$$I = \frac{dq}{dt} \quad I = \frac{q}{t} (\text{постоянен ток})$$

- Плътност на тока

$$j = \frac{dI}{dS_{\perp}} \quad j = \frac{I}{S} (\text{постоянен ток}) \quad I = jS$$

- Електродвижещо напрежение (ЕДН)

$$\varepsilon = \frac{\text{странични}}{q}$$

- Закон на Ом за част от верига (познато като "URI - URItarted")

$$R = \frac{U}{I} \implies U = RI \quad I = \frac{U}{R}$$

- Специфично съпротивление (l - дължина на провидника, S - напречно сечение)

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

- Закон на Ом за цялата верига (R - общо съпротивление на веригата, r - съпротивление на източника)

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

- Работа

$$A = \int_{t_1}^{t_2} UI \, dt \quad A = UI t (\text{постоянен ток})$$

- Мощност

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

- Закон на Джаул-Ленц

$$Q = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt \quad Q = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

- Последователно свързване на n консуматора

$$I = const \quad U = \sum_{i=1}^n U_i \quad R = \sum_{i=1}^n R_i$$

- Успоредно (паралелно) свързване на n консуматора

$$I = \sum_{k=1}^n I_k \quad U = const \quad \frac{1}{R} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}$$

8 Лекция 8: Магнетизъм

8.1 Теория

8.2 Формули

9 Лекция 9: Вълни

9.1 Теория

9.2 Формули